

Таким образом, годовой экономический эффект от внедрения разработанной технологии дефосфатизации сточных вод на ЦОС-1 г. Запорожья составит 239372,25 долл.

1. Душкин С.С. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод: монография / С.С. Душкин, А.Н. Коваленко, М.В. Дегтярь, Т.А. Шевченко. – Харьков: ХНАГХ, 2011. – 146 с.

2. Шевченко Т.А. Повышение эффективности очистки сточных вод от биогенных элементов / Т.А. Шевченко // Экология – образование, наука, промышленность и здоровье: Сб. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород: БГТУ, 2011. – Ч.1. – С.211-215.

3. Шевченко Т.А. Анализ методов удаления соединений азота и фосфора из бытовых сточных вод / Т.А. Шевченко // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. пр. Вип.66. – Харків: ХДТУБА, ХОТБ АБУ, 2011. – С.326-329.

4. Патент №45046 Україна, МПК (2009) C02F 1/48. Спосіб доочистки стічних вод від сполук фосфору / Душкін С.С., Коваленко О.М., Благодарна Г.І., Ярошенко Ю.В., Линник Г.О., Шевченко Т.О.; заявник та правовласник ХНАМГ. – № 45046; заявл. 15.05.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. № 20.

5. Патент України №54932А, МПК 7 C02F1/48. Спосіб підготовки розчину алюмомістного коагулянту для освітлення природних і стічних вод / Душкін С.С., Дем'янюк В.М. та ін. – Заяв. 24.05.2002; Опубл. 17.03.2003.

Получено 17.04.2012

УДК 628.179

В.Г.НОВОХАТНІЙ, канд. техн. наук, С.О.КОСТЕНКО

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

МЕТОД РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Розроблено метод розрахунку безвідмовності та ремонтпридатності охолоджувальних систем оборотного водопостачання промислових підприємств.

Разработан метод расчета безотказности и ремонтпригодности охлаждающих систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Developed a method for calculating the reliability and maintainability of cooling systems of the circulation water system of industrial enterprises.

Ключові слова: системи оборотного водопостачання, надійність.

Системи оборотного водопостачання (СОВ) на промислових підприємствах набули широкого розповсюдження зважаючи на екологічні та економічні вимоги. Серед СОВ значне місце займають ті оборотні системи, які слугують тільки для охолодження води. Назвемо такі системи охолоджувальними системами оборотного водопостачання – ОСОВ. Розглянемо, для прикладу, роботу ОСОВ заводу залізобетонних виробів (рис.1). Нагріта вода (після охолодження технологічних установок) самопливними трубопроводами (В5С) надходить у камеру нагрітої води (КНВ), з якої насосами нагрітої води (ННВ) вона подається напір-

ними трубопроводами (B5H) у градирню, де вода охолоджується, збирається у водозбірному резервуарі та самопливними трубопроводами (B5C) надходить у камеру охолодженої води (КОВ). З камери охолодженої води насосами охолодженої води (НОВ) та напірними трубопроводами (B4H) охолоджена вода подається у цехи і цикл повторюється знову. В градирні частина води втрачається на випаровування, краплинний виніс і продувку; ці втрати поповнюються свіжою водою з джерела або з водопровідної мережі.

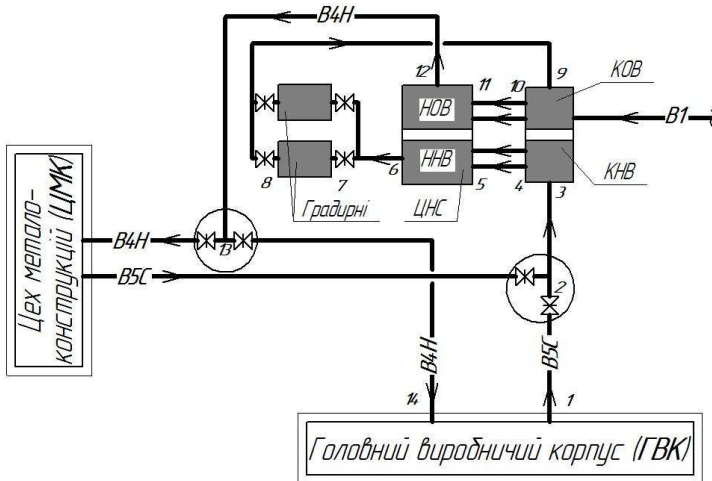


Рис.1 – Технологічна схема ОСОВ заводу ЗБВ

Аналіз руху води в ОСОВ показує, що вода послідовно проходить усі водопровідні споруди, окрім градирень, коли взимку одна градирня працює, а друга в резерві. Якщо розглянути літній режим роботи, коли обов'язкова одночасна робота двох градирень, то для надійності ці градирні поєднані послідовно. Всі споруди ОСОВ відновлювані, тому математичною моделлю для розрахунку надійності приймаємо послідовне поєднання відновлюваних елементів. Розрахунки надійності виконаємо за напрямками подавання води. Базовими показниками надійності приймаємо середнє напрацювання на відмову T і середній час відновлення працездатності T_B . Основними показниками надійності приймаємо коефіцієнт готовності K_G або протилежний йому коефіцієнт простою $K_D = 1 - K_G$.

Визначимо напрямки руху води для літнього періоду роботи ОСОВ (рис.2, 3), які включають окремі елементи: камери нагрітої (КНВ) та

охлажденної (КОВ) води, градирні, насосні агрегати нагрітої (ННВ) та охлажденної (НОВ) води, ділянки самопливної та напірної мережі між відповідними спорудами, а також засувки. Спочатку необхідно розрахувати надійність окремих елементів напрямку подавання води, а потім перейти до обчислення надійності водопостачання за цим напрямком.



Рис.2 – Перший напрямок руху води – на ЦМК



Рис.3 – Другий напрямок руху води – на ГВК

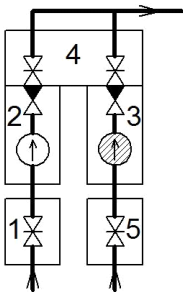


Рис.4 – Технологічна схема насосної станції

Циркуляційна насосна станція (ЦНС) складається з двох груп насосних агрегатів, технологічні схеми яких однакові і насосні агрегати подібні, а тому значення їх надійності прийняті однаковими. Згідно з типовим рішенням, насосні агрегати мають незалежні всмоктувальні трубопроводи, але напірні лінії поєднуються в один трубопровід. Схема однієї із груп насосів ЦНС наведена на рис.4. Надійність градирні розраховується як надійність послідовно поєднаних елементів градирні, які включають: несучий каркас, вентилятор, конфузор, дифузор, водовловник, водорозподільна система.

Надійність водопровідної мережі розраховується як надійність послідовно або паралельно поєднаних ділянок мережі. Параметр потоку відмов мережі для послідовно поєднаних ділянок розраховується за формулою

$$\omega = \sum_{i=1}^n \omega_{di}, \text{ 1/год}, \quad (1)$$

де $\omega_{di} = \omega_0 l$ – параметр потоку відмов i -ї ділянки, 1/год; ω_0 – питомий параметр потоку відмов трубопроводу, 1/год·км; l – довжина ділянки, км; n – кількість ділянок.

Середнє напрацювання на відмову мережі обчислюється за формулою

$$T = 1 / \sum_{i=1}^n \omega_{\partial i}, \text{ год.} \quad (2)$$

Середній час відновлення працездатності ділянки мережі обчислюється як середньозважена величина за формулою

$$T_B = \sum_{i=1}^n \omega_{\partial i} T_{B\partial i} / \sum_{i=1}^n \omega_{\partial i}, \text{ год,} \quad (3)$$

де $T_{B\partial i}$ – середній час відновлення працездатності i -ї ділянки, год.

Показники надійності циркуляційної насосної станції (ЦНС): середнє напрацювання на відмову T та середній час відновлення працездатності T_B обчислюються за розробленими формулами [1] на основі методу вкладів.

Параметр потоку відмов ЦНС обчислюється як сума вкладів

$$\omega = \sum_{i=1}^n v_i, \text{ 1/год,} \quad (4)$$

де v_i – вклад i -го елементу у потік відмов ЦНС, 1/год.

Середнє напрацювання на відмову ЦНС

$$T = 1 / \sum_{i=1}^n v_i, \text{ год.} \quad (5)$$

Середній час відновлення працездатності ЦНС

$$T_B = \sum_{i=1}^n v_i T_{B\partial i} / \sum_{i=1}^n v_i, \text{ год.} \quad (6)$$

Параметр потоку відмов градирні, технологічна схема якої наведена на рис.5, обчислюється як сума параметрів потоку відмов окремих елементів

$$\omega_{\Sigma} = \omega_{нк} + \omega_{кон} + \omega_{\partial} + \omega_{в} + \omega_{зр} + \omega_p + \omega_{вр}, \text{ 1/год,} \quad (7)$$

де ω – параметр потоку відмов, відповідно: несучого каркасу, конфузора, дифузора, вентилятора, зрошувача та водовловника, водорозподільної системи, водозбірної резервуара [2].

Після обчислення значень безвідмовності та ремонтпридатності окремих споруд за напрямком подавання води, розраховуємо параметр потоку відмов ОСОВ за вибраним напрямком

$$\omega = \sum_{i=1}^n \omega_{\partial i} + 2\omega_{цнс} + k\omega_{\Sigma} + \omega_{ков} + \omega_{кнв}, \text{ 1/год,} \quad (8)$$

де ω_{di} – параметр потоку відмов i -ї ділянки мережі; $\omega_{цнс}$ – параметр потоку відмов однієї групи насосів ЦНС; $\omega_{г}$ – параметр потоку відмов градирні; k – кількість градирень; $\omega_{ков}$ – параметр потоку відмов КОВ; $\omega_{кнв}$ – параметр потоку відмов КНВ.

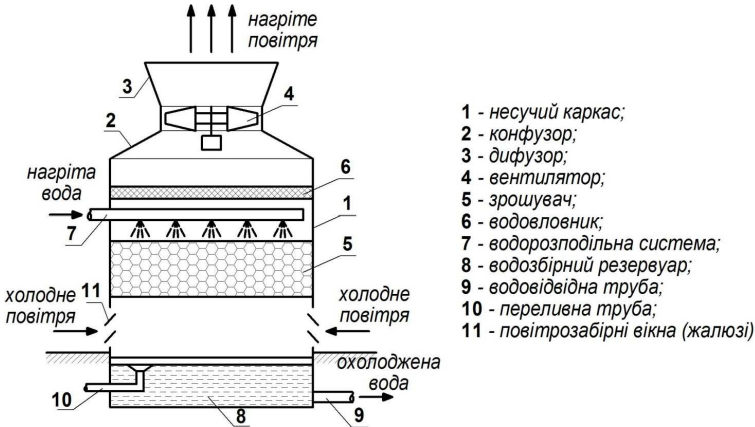


Рис.5 – Технологічна схема градирні

Середнє напрацювання на відмову за напрямком подавання води

$$T = 1 / \omega, \text{ год.} \quad (9)$$

Середній час відновлення працездатності ОСОВ за вибраним напрямком подавання води обчислюємо як середньозважену величину

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_{di} T_{B_{di}} + 2\omega_{цнс} T_{B_{цнс}} + k\omega_{г} T_{B_{г}} + \omega_{ков} T_{B_{ков}} + \omega_{кнв} T_{B_{кнв}}}{\sum_{i=1}^n \omega_{di} + 2\omega_{цнс} + k\omega_{г} + \omega_{ков} + \omega_{кнв}}, \text{ год.} \quad (10)$$

де T_B – середній час відновлення, відповідно: i -ї ділянки мережі, однієї групи насосів ЦНС, градирні, камер охолодженої та нагрітої води.

1.Новохатній В.Г. Удосконалений метод розрахунку надійності насосних станцій систем водопостачання / В.Г. Новохатній // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. пр. – Вип. 60. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – С.252-256.

2.Пономаренко В.С. Оценка надежности градирен / В.С. Пономаренко // Водоснабжение и санитарная техника. – 1997. – №6. – С.13-16.

Отримано 06.06.2012